

# Физиология мышц

1. Скелетные

2. Гладкие

# Физиологические свойства мышц



возбудимость

проводимость

сократимость

автоматия

# Раздражители мышц

# 1.растяжение

## 2.изменение концентрации химических веществ



п/п мышцы –  
в области синапса



гладкие мышцы имеют  
рецепторы к  
химическим  
веществам на всей  
поверхности

## 3.нервные импульсы



гладкие мышцы –  
От автономной н.  
с.



п/п мышцы –  
От соматической  
н.с.

# Биоэлектрические явления в скелетных мышцах

**ПОТЕНЦИАЛ  
ПОКОЯ**

Калиевой природы.  
Величина - 60 – 90 мВ.

**Потенциал  
действия**

Пикообразный.  
Амплитуда 120 -130 мВ.  
Длительность:

В глазных мышцах  
около 1 мс

В мышцах  
туловища – 2 – 3 мс

Скорость распространения ПД по мышечному  
волокну 3- 5 м/с

# Режимы мышечных сокращений



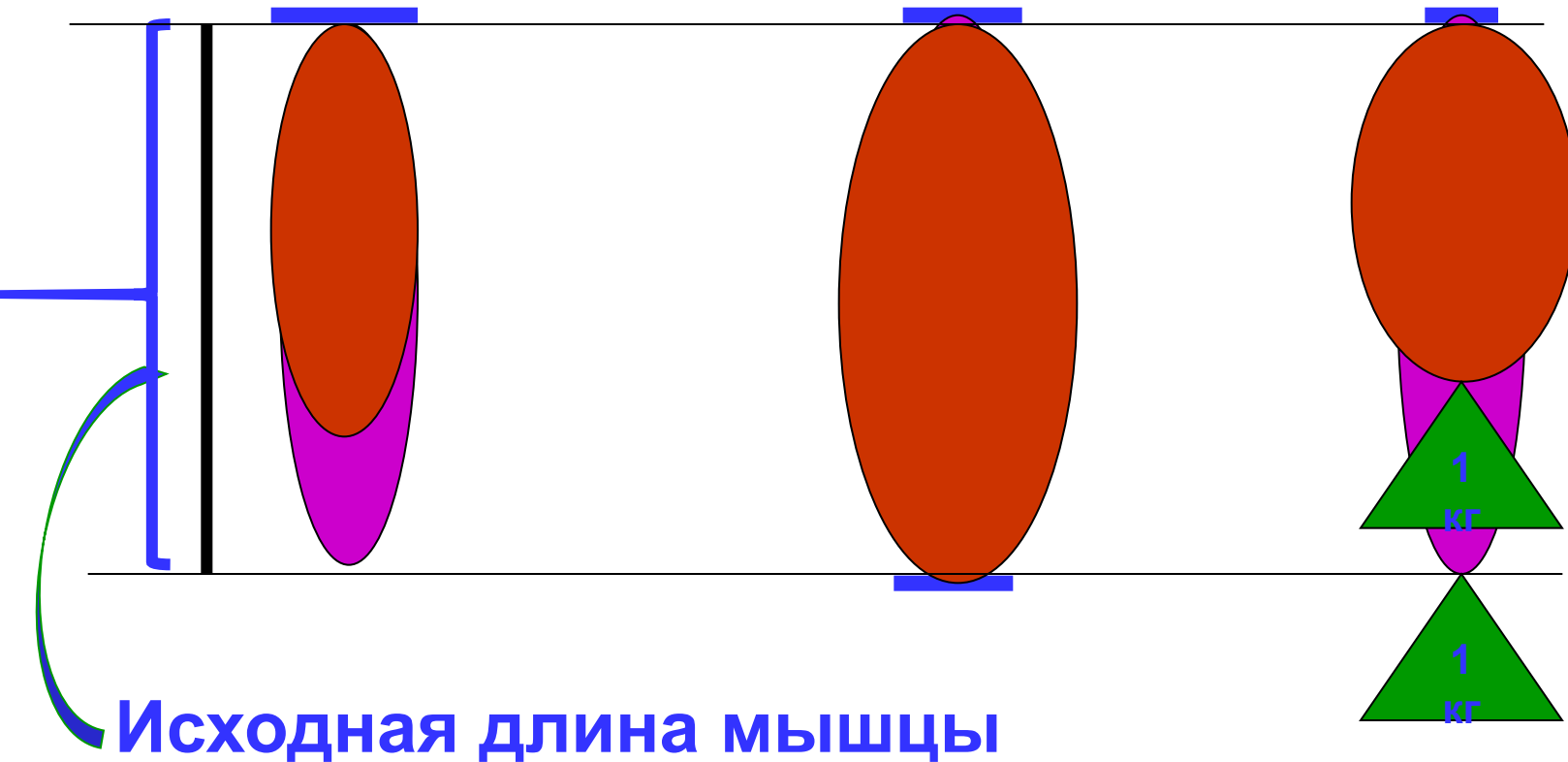
изотонический



изометрически  
й



смешанны  
й



# Виды мышечных сокращений , их характеристика

Тонические

Ритмические

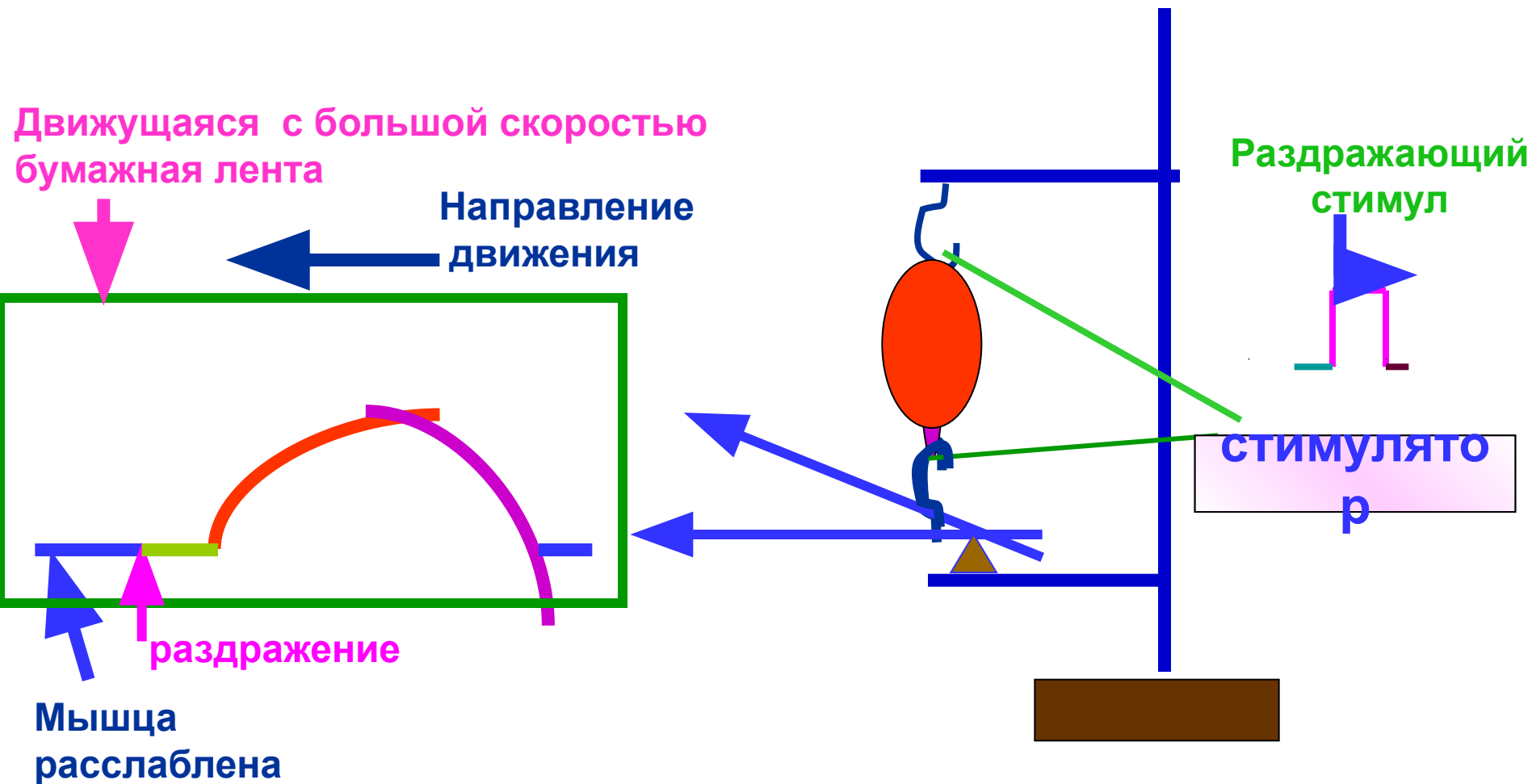
Одиночные

Тетанические

Зубчатый тетанус

Гладкий тетанус

# Установка для регистрации мышечных сокращений

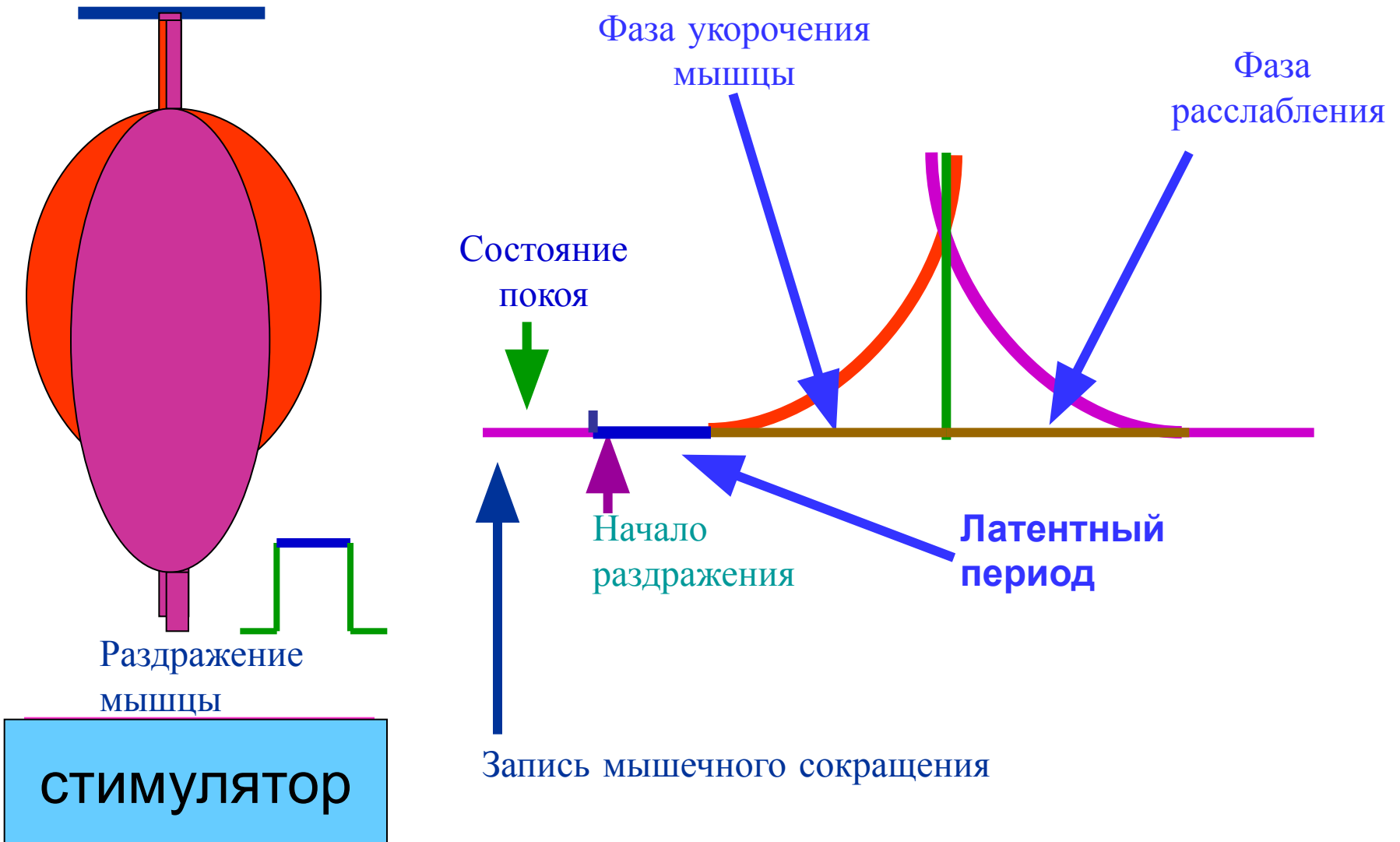




# Тонические сокращения

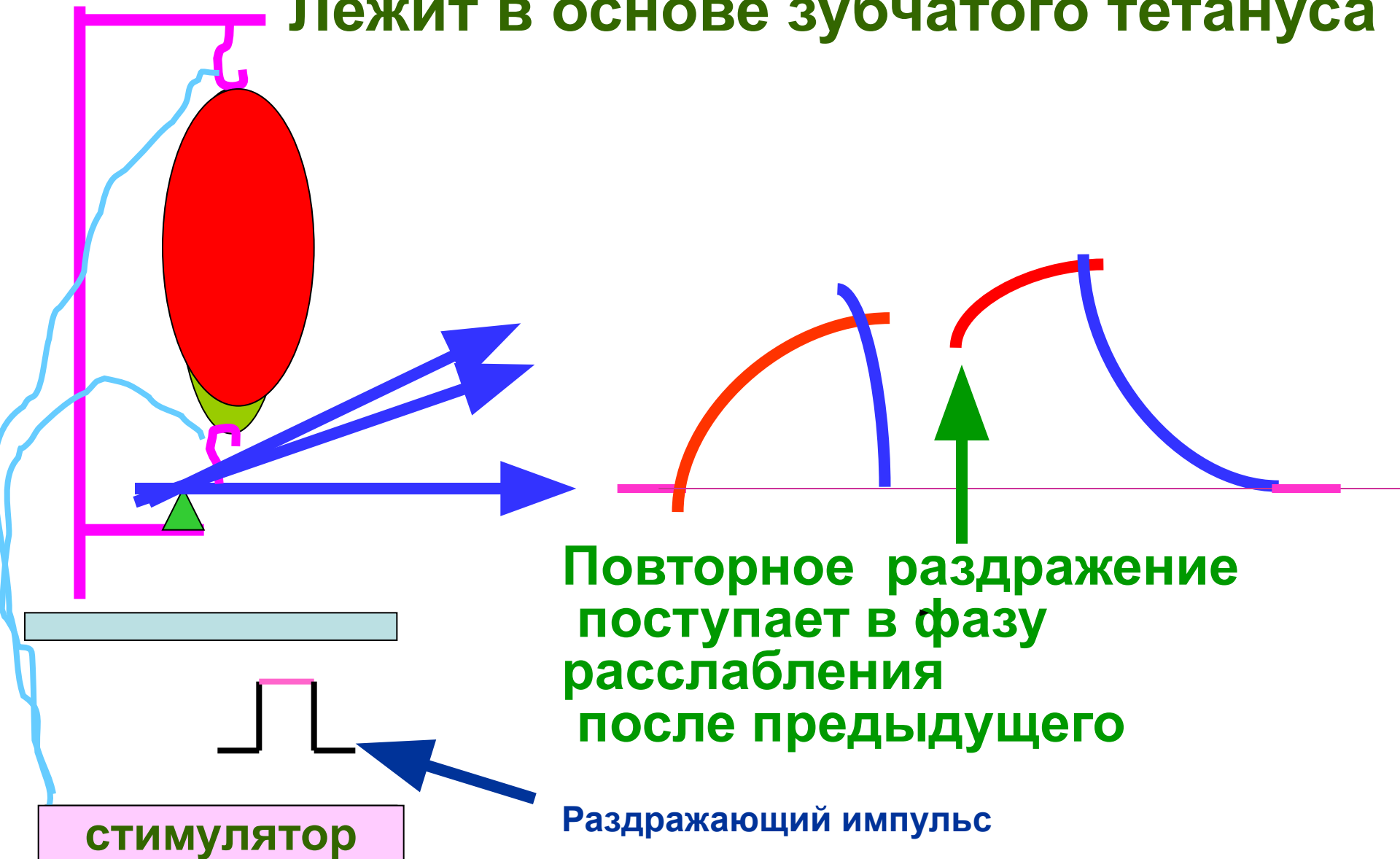
- это длительное напряжение мышц без расслабления.
  - **Ритмические сокращения**
- это чередование сокращений и расслаблений

# Схема формирования одиночного мышечного сокращения



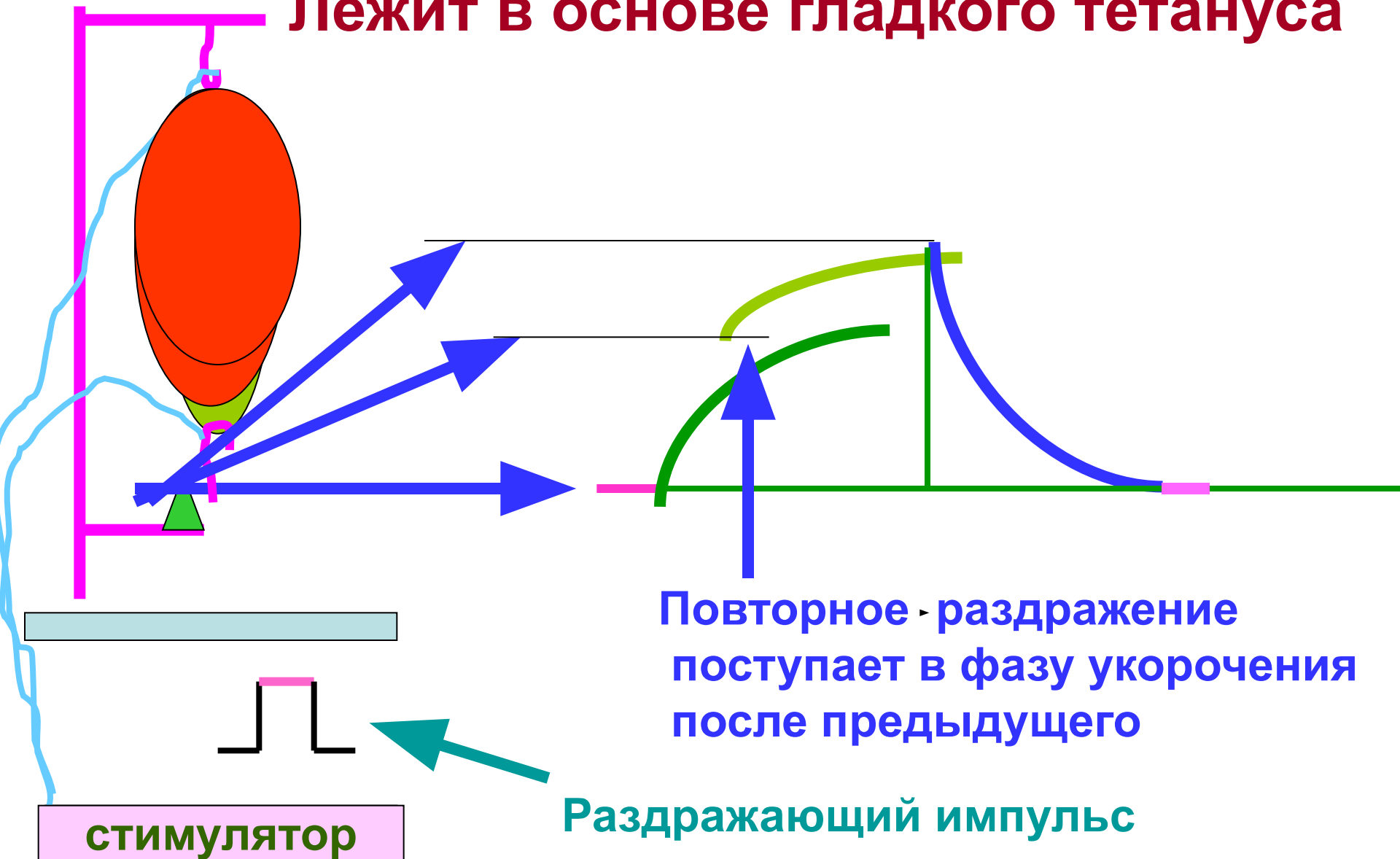
# Неполная суммация сокращений

Лежит в основе зубчатого тетануса

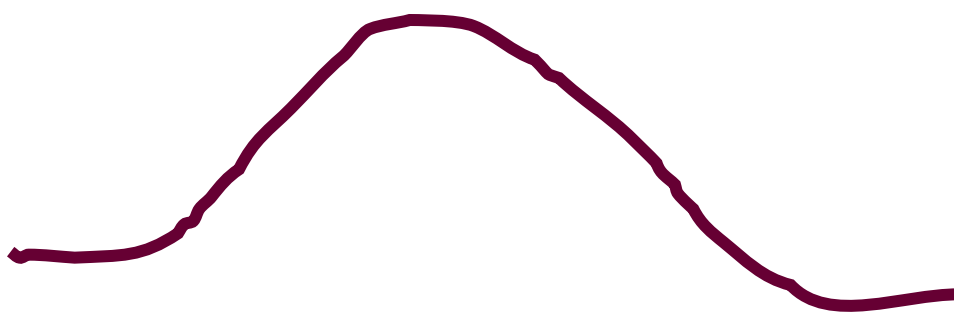


# Схема полной суммации сокращений

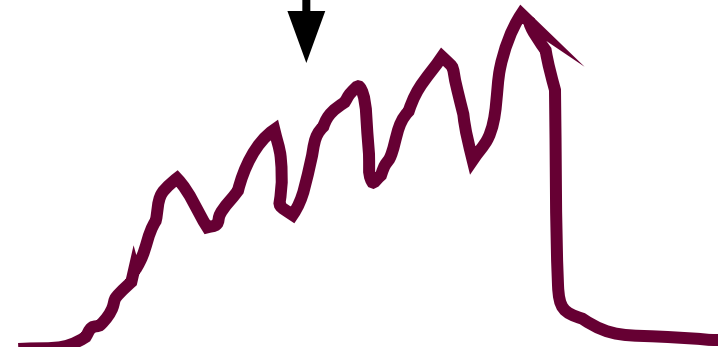
Лежит в основе гладкого тетануса



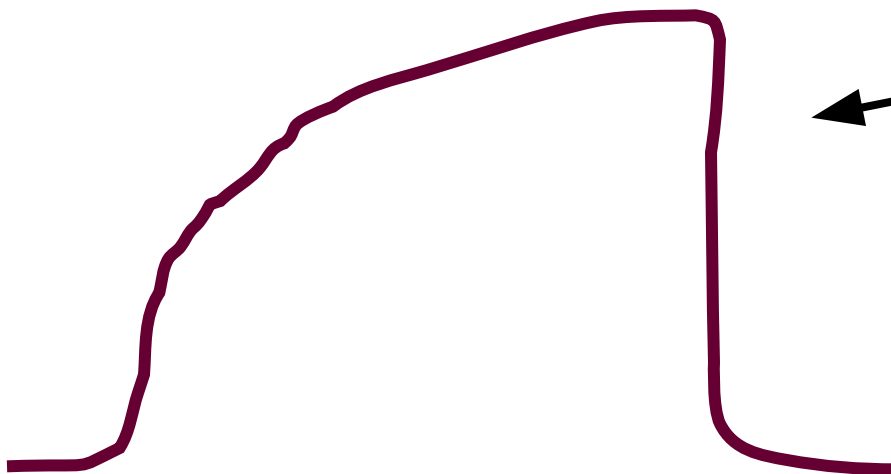
Одиночное  
сокращение



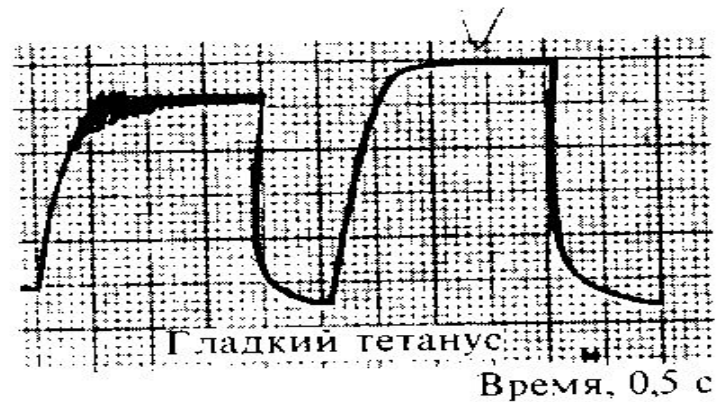
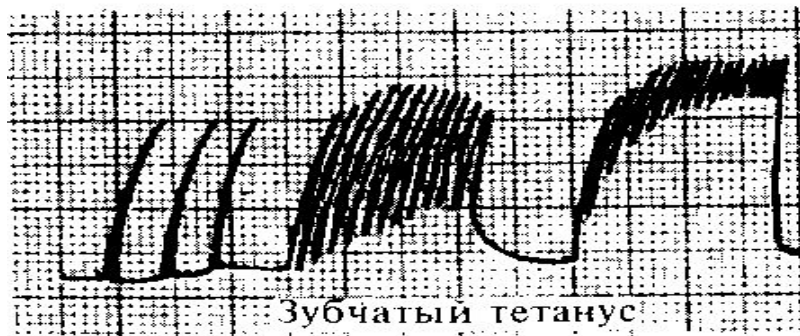
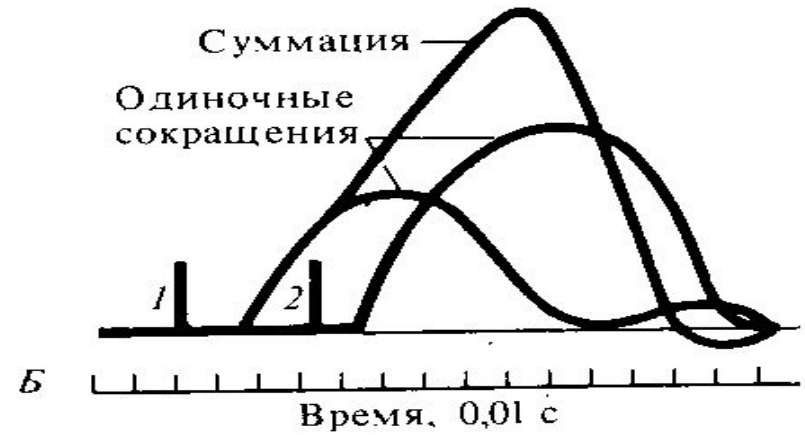
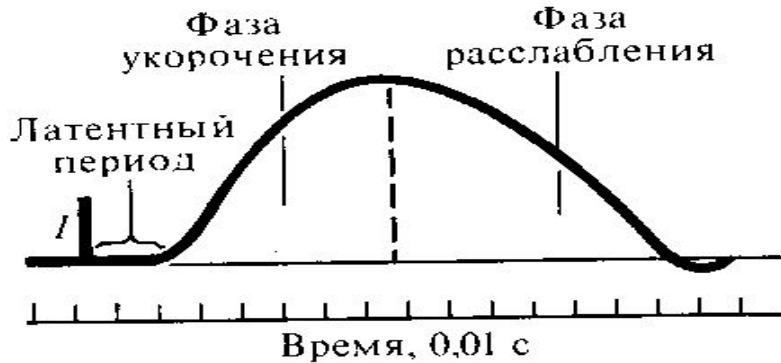
Зубчатый  
тетанус



Гладкий  
тетанус



# Виды сокращений МЫШЦ



# Элементы мышц

# Трофический аппарат мышцы

Представлен ядрами и органеллами.  
Обеспечивает синтез сократительных белков

# Энергетический аппарат мышцы

Представлен митохондриями,  
образующими АТФ



# Специфический аппарат МЫШЦЫ

- Представлен Т-системой, триадой. Образована вертикальным
- впячиванием поверхностной мембраны и прилегающими двумя боковыми цистернами саркоплазматического ретикулума, содержащими Са.

# Сократительный аппарат МЫШЦЫ

- Представлен:
- 1. - сократительными белками:  
актином и миозином;
- 2. – модуляторными белками:  
тропонином и тропомиозином

# **Характеристика сократительного аппарата мышцы**

**Мышечное волокно**



**Сократительные элементы  
–  
миофибриллы**



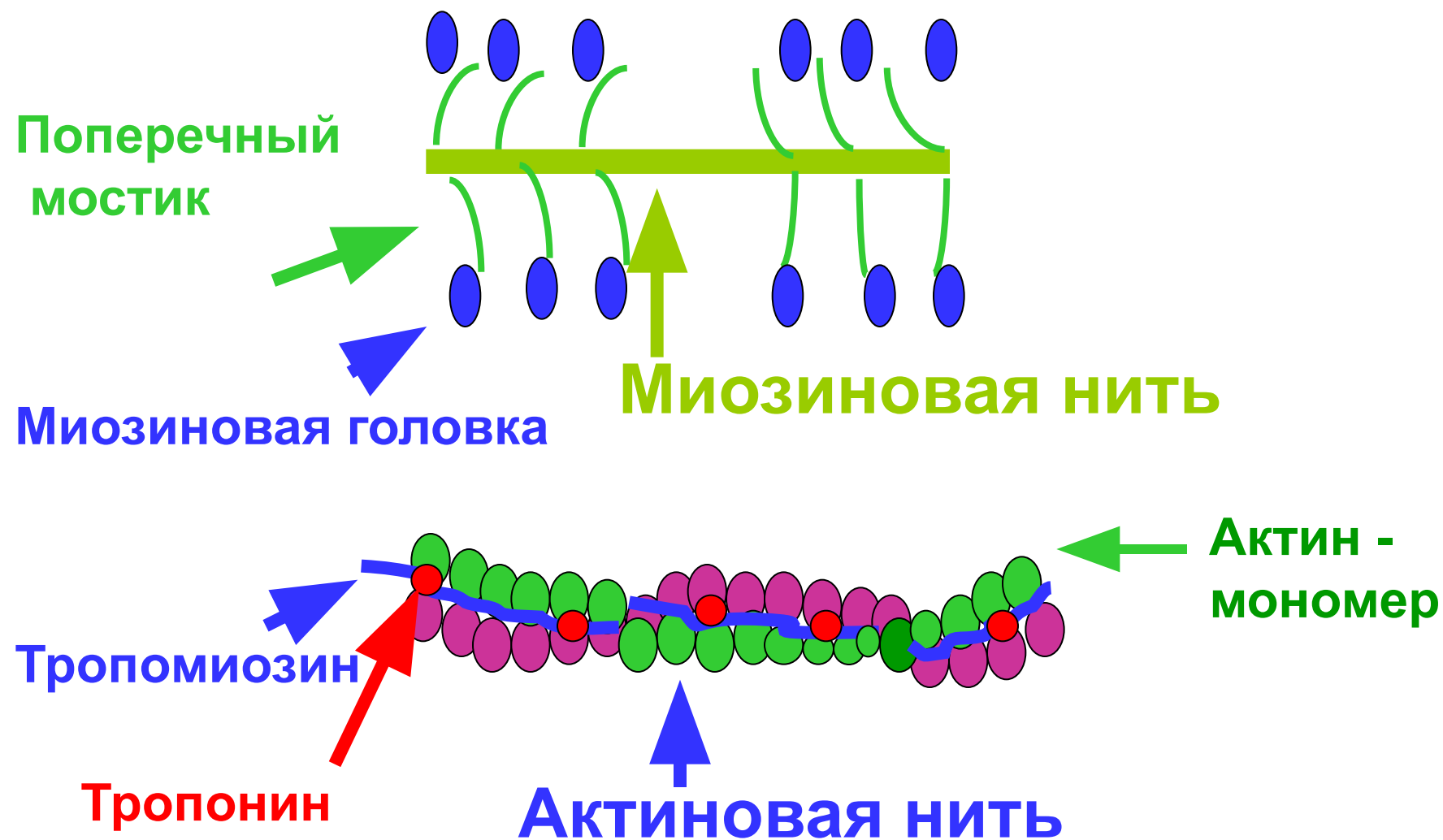
**Миофиламенты –  
протофибриллы**

**Диаметр от 10 до 100 мкм  
Длина - от 5 до 400 мм  
в зависимости от дины  
мышцы**

**1000 и более в волокне  
Толщина 1 – 3 мкм**

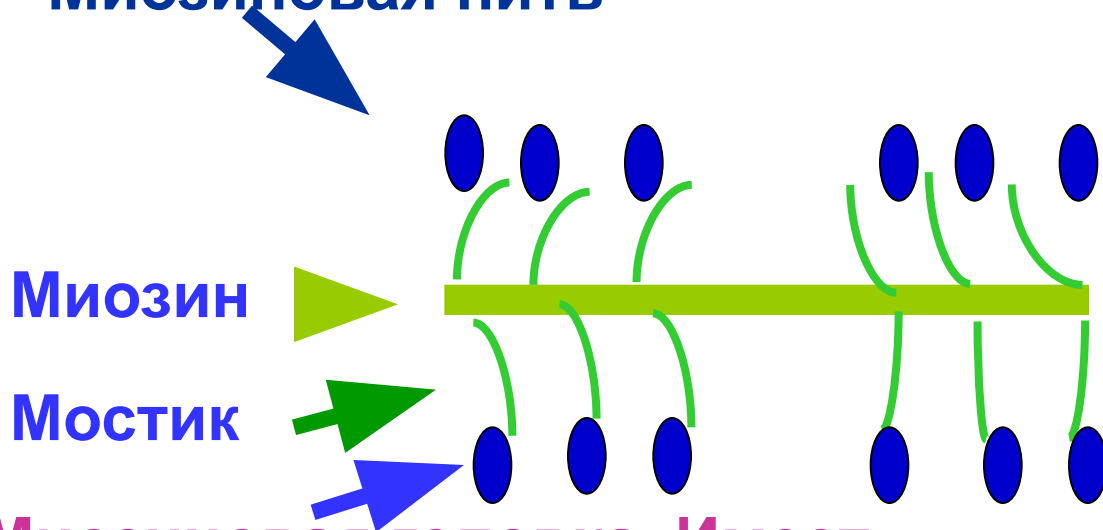
**До 2500. Состоят из  
актиновых и  
миозиновых нитей.  
Расположены  
упорядочено, образуют  
поперечную  
исчерченность.**

# Строение миозиновой и актиновой нитей



# Строение миозиновой и актиновой нитей

Миозиновая нить



Миозин

Мостик

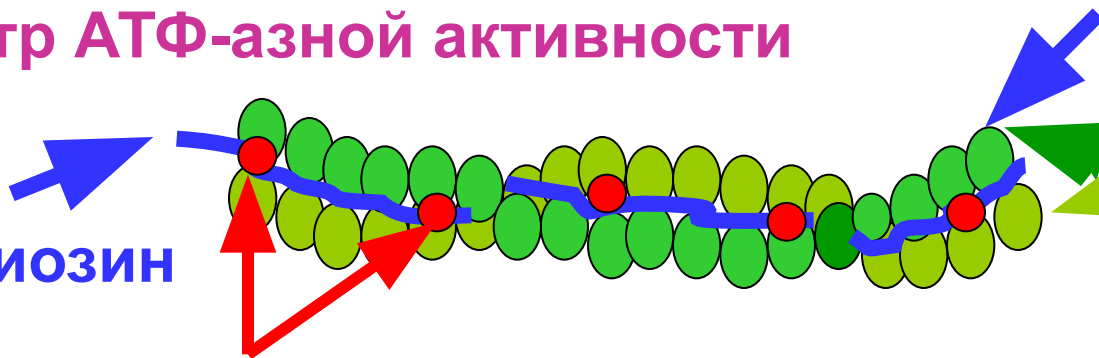
Миозиновая головка. Имеет  
2 центра: 1. Центр сродства к актину;  
2. Центр АТФ-азной активности

Актиновая нить

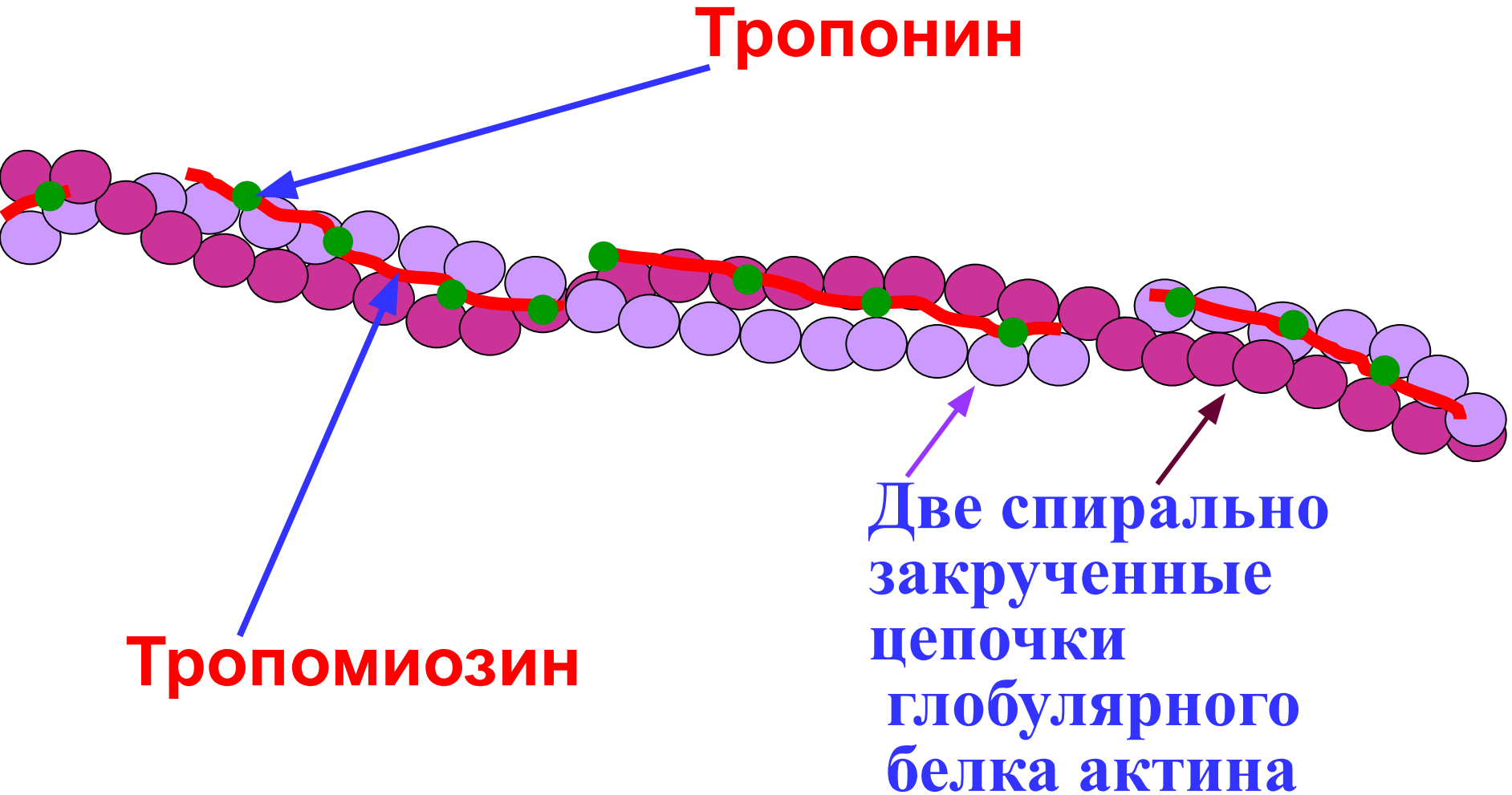
Две спирально  
закрученные  
цепочки  
глобулярного  
белка актина

Тропомиозин

Тропонин

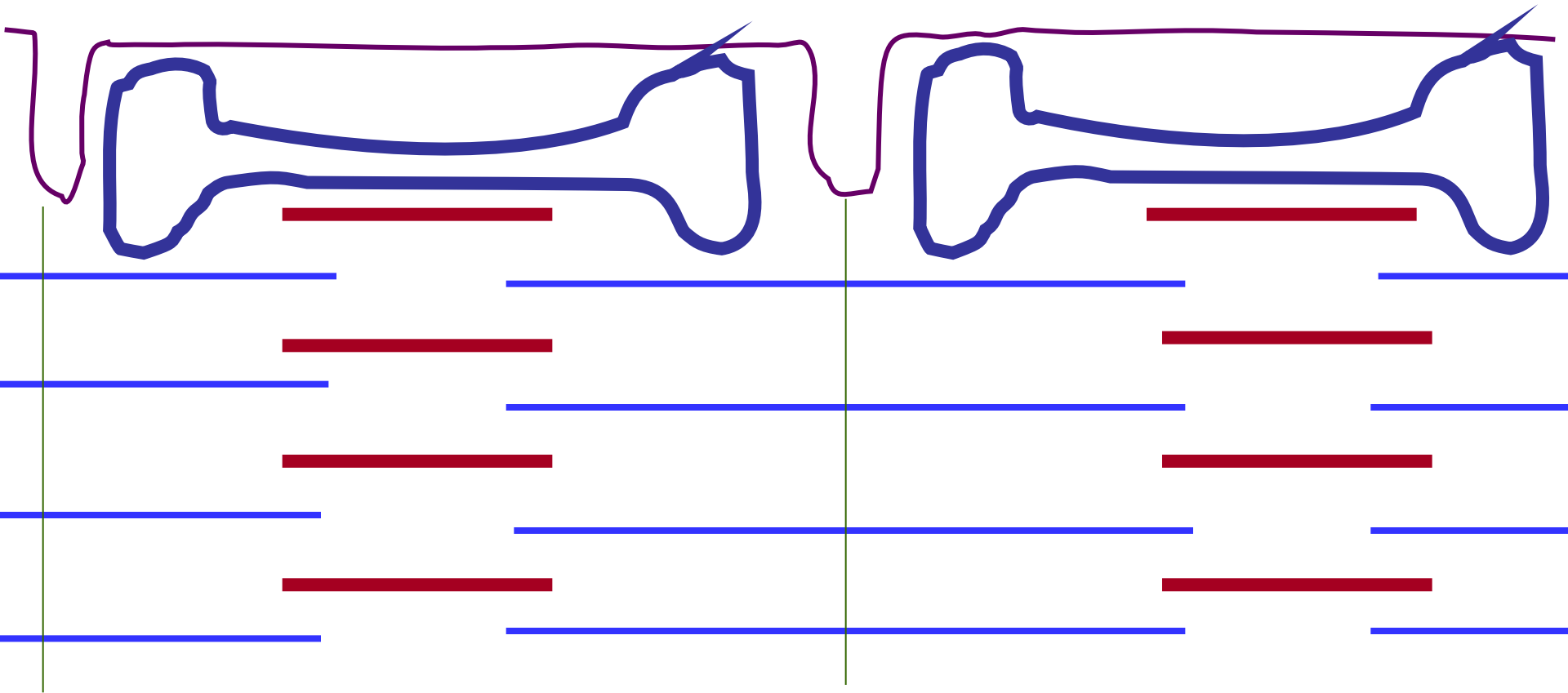


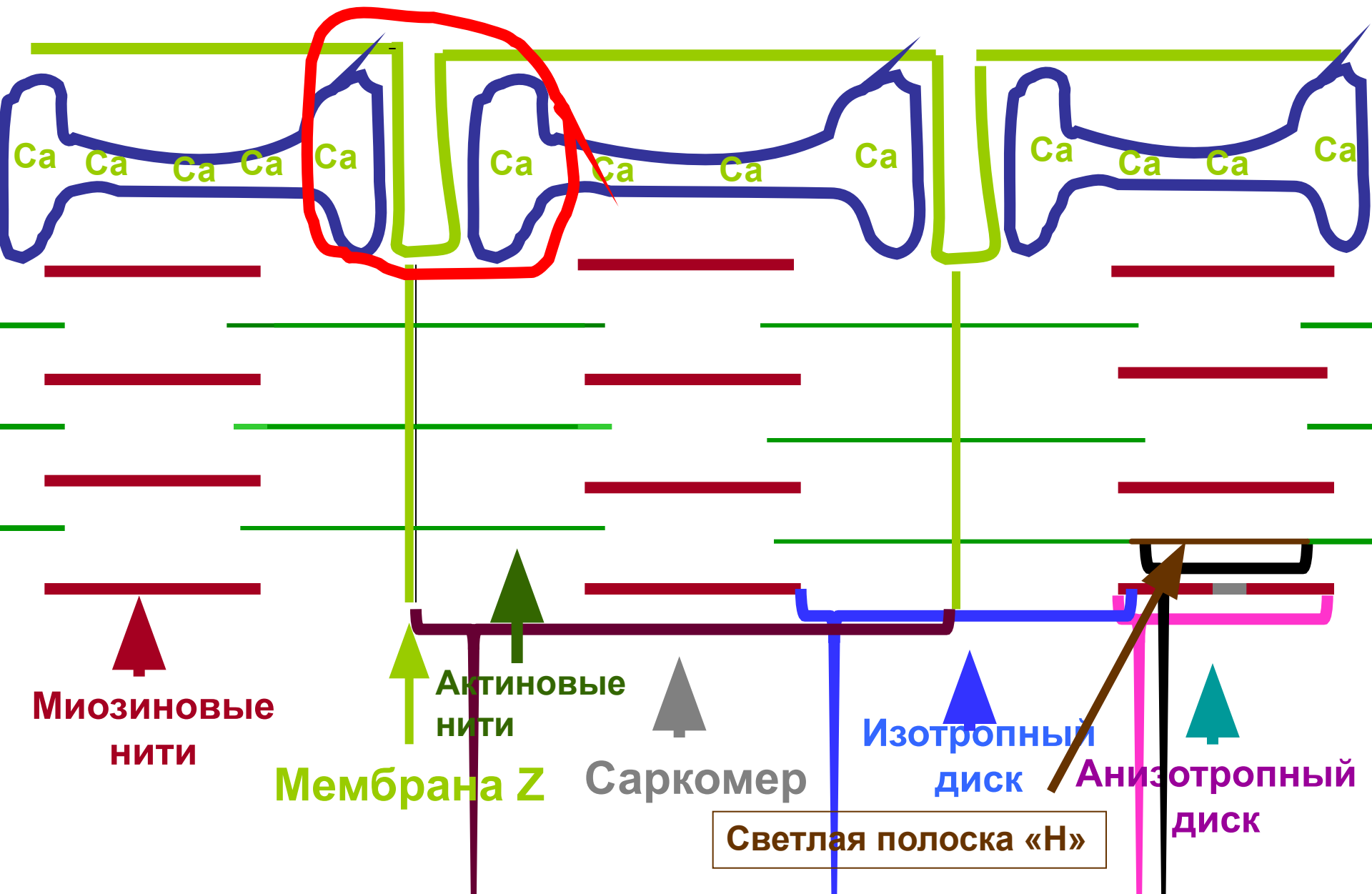
# Строение актиновой нити



# **Строение миофибриллы и саркомера**







**Механизм мышечного  
сокращения.**

**Теория скольжения.**

- В покое в межфибрилярном пространстве концентрация Са меньше  $10^{-8}$ М.  
Актиновые центры блокированы тропомиозином.
- При возбуждении мышечного волокна на его мембране возникает ПД, распространяется внутрь волокна по Т-системе.

- $\text{Ca}^{2+}$  ВЫХОДИТ ИЗ БОКОВЫХ цистерн СПР в межфибрилярное пространство и концентрация его увеличивается до  $10^{-6}$  М.

- $\text{Ca}^{2+}$  связывается с тропонином, смещается тропомиозин и открывается актиновый центр.
- Между центром сродства к актину на миозиновой головке и активным центром актина устанавливается СВЯЗЬ.

- Образуется актомиозиновый комплекс. Активируется АТФ-азный центр миозиновой головки и расщепляется АТФ.

- Миозиновая головка поворачивается на  $45^\circ$  и продвигает актиновую нить между миозиновыми т.е. происходит скольжение актина вдоль миозина



- Связь актина и миозина разрывается,
- МИОЗИНОВАЯ ГОЛОВКА возвращается в исходное положение и процесс повторяется.

# Расслабление.

- Прекращение поступления раздражения к мышце активирует кальциевый насос, который перекачивает  $\text{Ca}^{2+}$  в СПР. Его концентрация снижается.

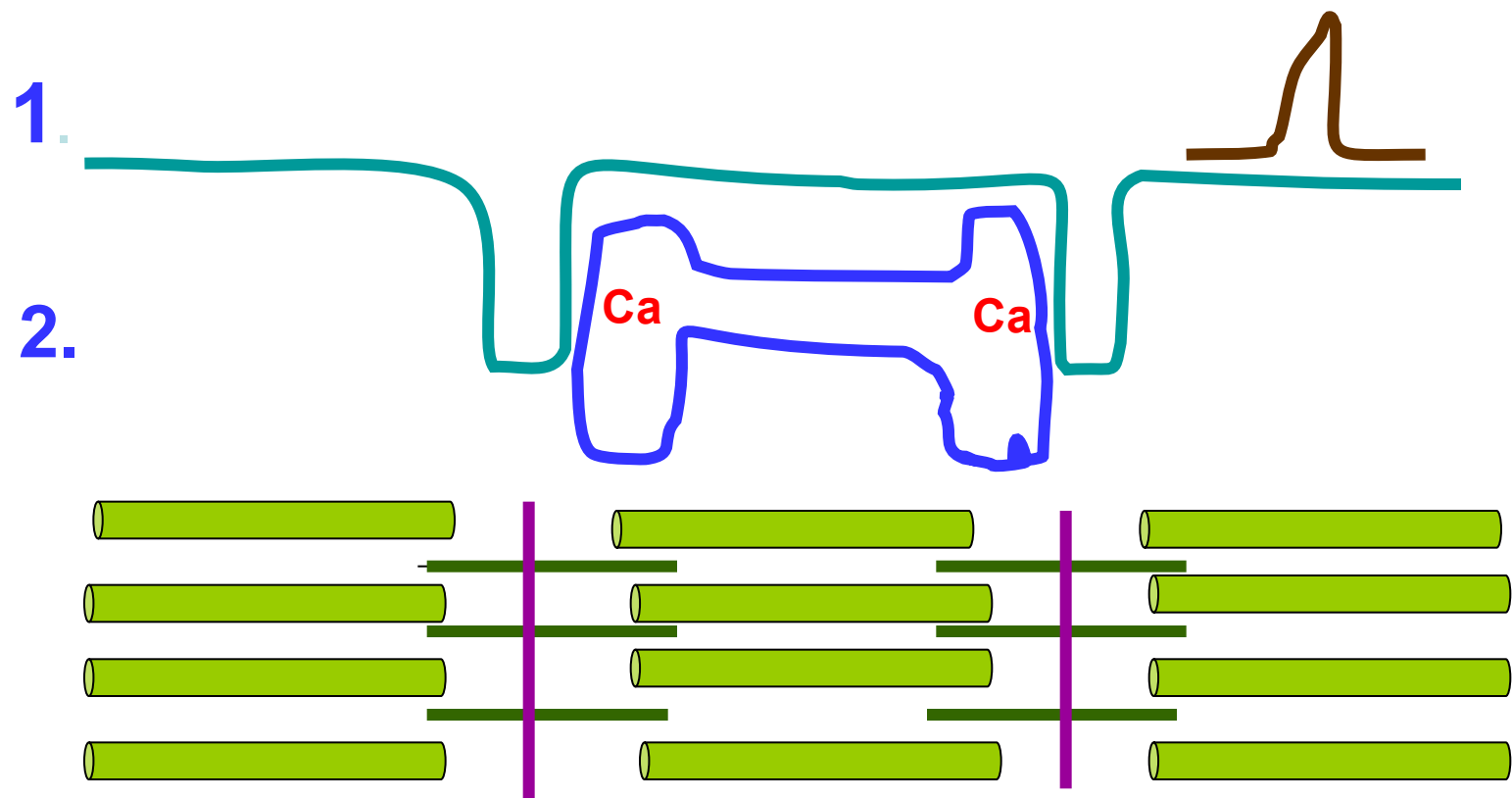
- Тропомиозин вновь закрывает актиновые центры и мышца расслабляется.

# Энерготраты мышц

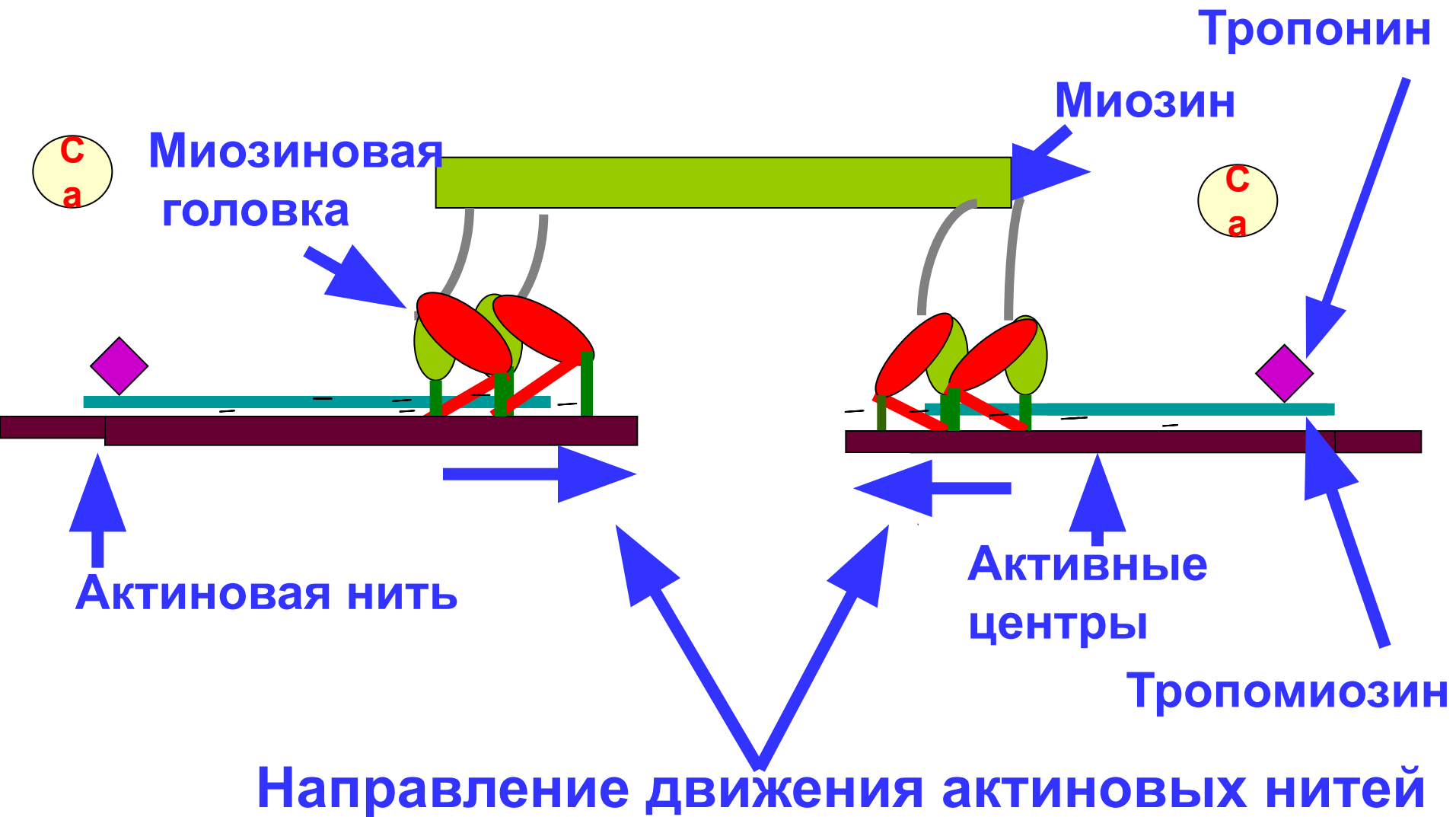
1. На работу ионных насосов:  
на сарколемме – Na- K насос,  
в мембране СПР – Ca насос.

2. На поворот миозиновой  
ГОЛОВКИ.

# Механизм мышечного сокращения



# Скольжение актина вдоль миозина



# Нейромоторные единицы

- **Синонимы:**  
двигательные единицы (ДЕ);  
моторные единицы (МЕ).
- Это совокупность мотонейрона и иннервируемых им мышечных волокон.



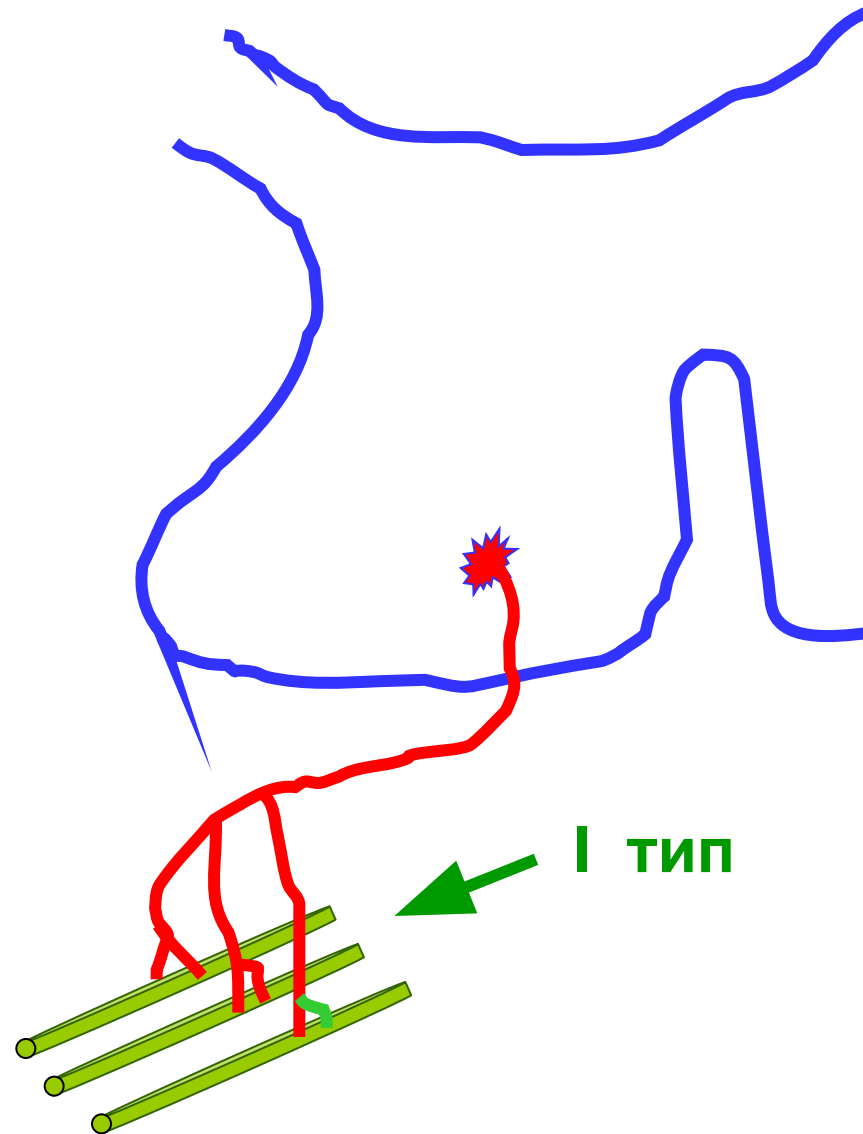
# Типы нейромоторных единиц

По морфофункциональным признакам различают три типа нейромоторных единиц.

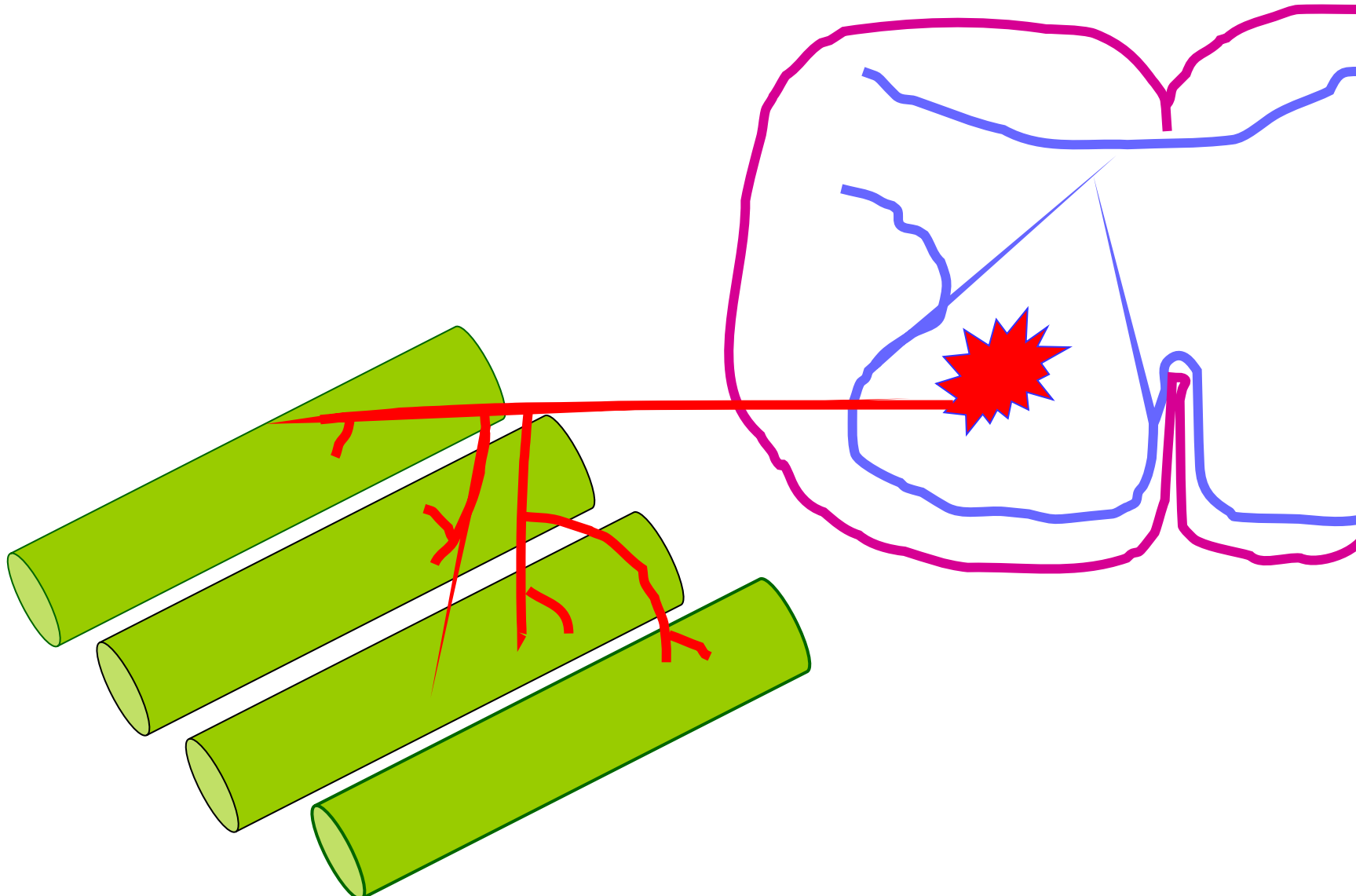


# **Характеристика нейромоторных единиц I типа**

1. Имеют хорошо развитую капиллярную сеть, в цитоплазме много митохондрий, поэтому неустоляемые
2. Имеют низкую активность миозиновой АТФ-азы, поэтому сокращаются медленно.
3. Мотонейрон мелкий с низким порогом активации и низкой скоростью распространения возбуждения по аксону.
4. Количество мышечных волокон в моторной единице невелико.
5. Миофибрилл в волокнах мало, поэтому развивают слабые усилия.
6. Обеспечивают тонус мышц.



# Характеристика нейромоторных единиц II типа



- **1. Легко утомляемые, т.к. имеют мало митохондрий и окружены небольшой капиллярной сетью**
- **2. Имеют высокую активность миозиновой АТФ-азы и высокую скорость сокращения**
- **3. Имеют крупный мотонейрон и большое количество мышечных волокон.**
- **4. В мышечных волокнах много миофибрилл, поэтому развивают большое усилие.**
- **5. Активируются при выполнении кратковременной мощной работы.**

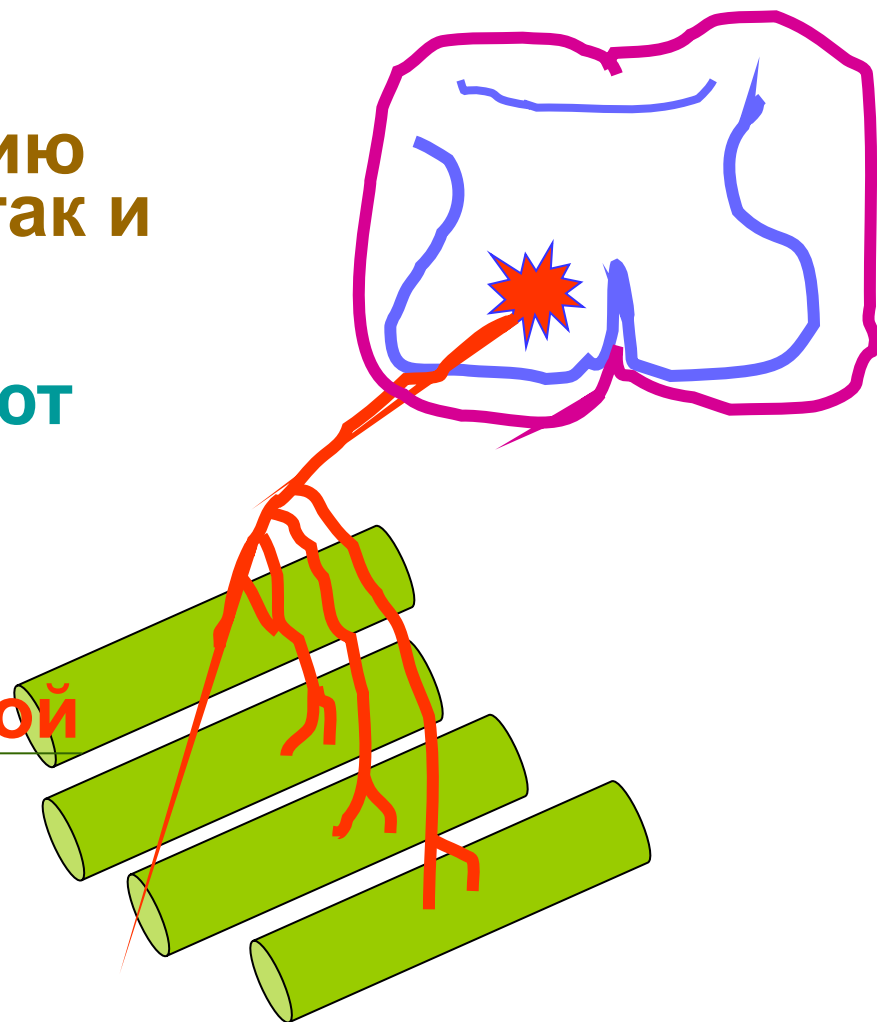
**Характеристика  
двигательных единиц  
III типа**

- 1. Устойчивые к утомлению.
- 2. Быстрые. Включают **сильные, быстро сокращающиеся волокна.**

- 4. Обладают большой выносливостью благодаря использованию энергии как аэробного, так и анаэробного процессов.

- 5. По свойствам занимают промежуточное положение между моторными единицами I и II типа

- 6. Участвуют в длительной ритмической работе со значительными усилиями.



# Работа МЕ в естественных условиях

- Мышечные волокна одной МЕ сокращаются одновременно.
- Волокна разных МЕ сокращаются асинхронно.
- Развиваемое мышцей усилие зависит от количества одновременно активированных МЕ.



# Физиология гладких мышц

**ФУНКЦИИ** гладких мышц

**РЕГУЛИРУЮТ** величину  
**ПРОСВЕТА** полых органов

**ОБЕСПЕЧИВАЮТ** двигательную  
**АКТИВНОСТЬ** полых органов

**НАПОЛНЕНИЕ** и **ОПОРОЖНЕНИЕ**  
**ПОЛЫХ ОРГАНОВ** при изменении  
**ТОНУСА** сфинктеров

# ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГЛАДКИХ МЫШЦ

```
graph TD; A[ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГЛАДКИХ МЫШЦ] --> B[ВОЗБУДИМОСТЬ]; A --> C[ПРОВОДИМОСТЬ]; A --> D[СОКРАТИМОСТЬ]; A --> E[АВТОМАТИЯ];
```

**ВОЗБУДИМОСТЬ**

**ПРОВОДИМОСТЬ**

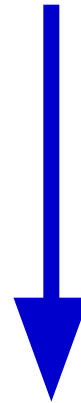
**СОКРАТИМОСТЬ**

**АВТОМАТИЯ**

# Раздражители гладких мышц



**Быстрое растяжение**



**Химические стимулы**



**Нервные импульсы**

# Характеристика автоматии

- Автоматия связана с работой пейсмекерных клеток гладкой мышцы.
- В этих клетках спонтанно меняется концентрация  $Ca$ ,
- что приводит к спонтанному возбуждению пейсмекерной клетки,
- распространению возбуждения по мышечным волокнам и их последующему сокращению.

# Биоэлектрические явления в гладких мышцах

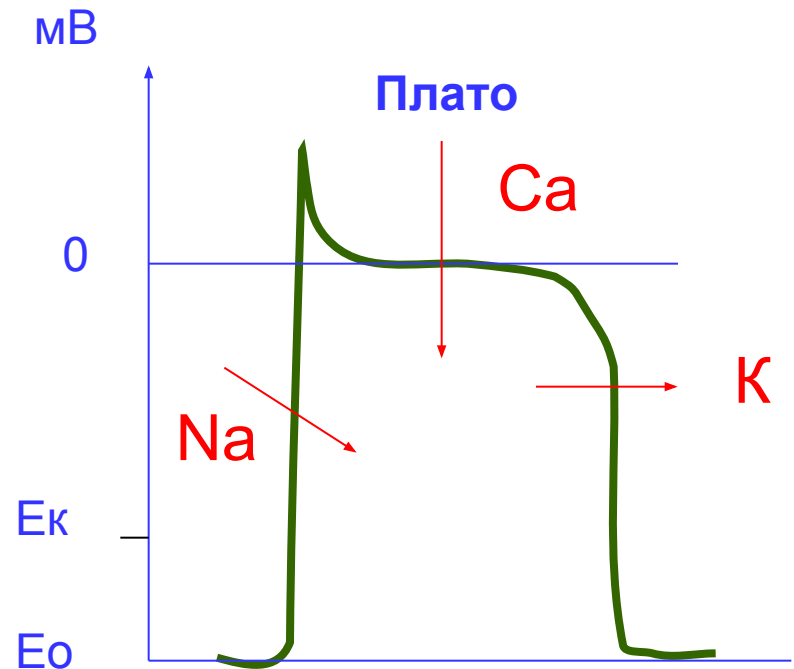
## Потенциал покоя

- Калиевой природы , - 60 – 70 мВ в волокнах без автоматии и - 30 – 70 мВ в волокнах с автоматией.
- Более низкое значение, чем у скелетных мышц связано с высокой проницаемостью мембраны для  $\text{Na}^+$

# Потенциал действия

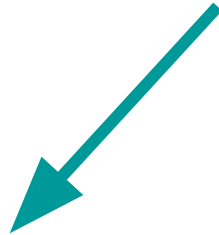
- **1. Пикообразный, длительность 80 мс. Ионный механизм связан с активацией натриевых каналов.**

- **2. Платообразный, длительность 90 – 500 мс. Ионный механизм связан с активацией Na и медленных Ca каналов**





# Типы гладких мышц



**Мультиунитарные**  
Ресничная мышца,  
Радужной оболочки  
глаза  
Поднимающие волосы



**Унитарные**  
Висцеральные  
Гладкие мышцы

# Мультиунитарные

- 1. Состоят из отдельных гладкомышечных волокон
- 2. Волокна иннервируются одиночным нервным окончанием.
- 3. Сокращаются независимо от других волокон.
- 4. Управляются нервными импульсами.

# Унитарные

- 1. Мышечные волокна сокращаются вместе как единое целое.
- 2. Волокна организованы в пласты или пучки.
- 3. Имеются щелевидные контакты (функциональный синцитий).

# Отличия гладких от п/п мышц

- 1. Вместо тропонинового комплекса есть кальмодулин.
- 2. Не имеют упорядоченного расположения нитей.
- 3. Наличие плотных телец, от которых отходят актиновые нити (выполняют роль Z-дисков в скелетной мышце).
- 4. Различна работа миозиновых мостиков.

- 5. Сокращения длительные, тонические (возможно связано с низкой активностью миозиновой АТФ-азы).
- 6. Низкое энергозатраты при сокращении.
- 7. Длительное одиночное сокращение (в 30 раз больше, чем в скелетной).

- 8. Развивают в 2 раза большую силу сокращения на единицу площади поперечного сечения, чем скелетные мышцы.

- 9. После полного сокращения могут удерживать ту же силу при снижении приходящей импульсации и низком расходе энергии (механизм защелки).

- 10. Явление релаксации напряжения

(пластический тонус).

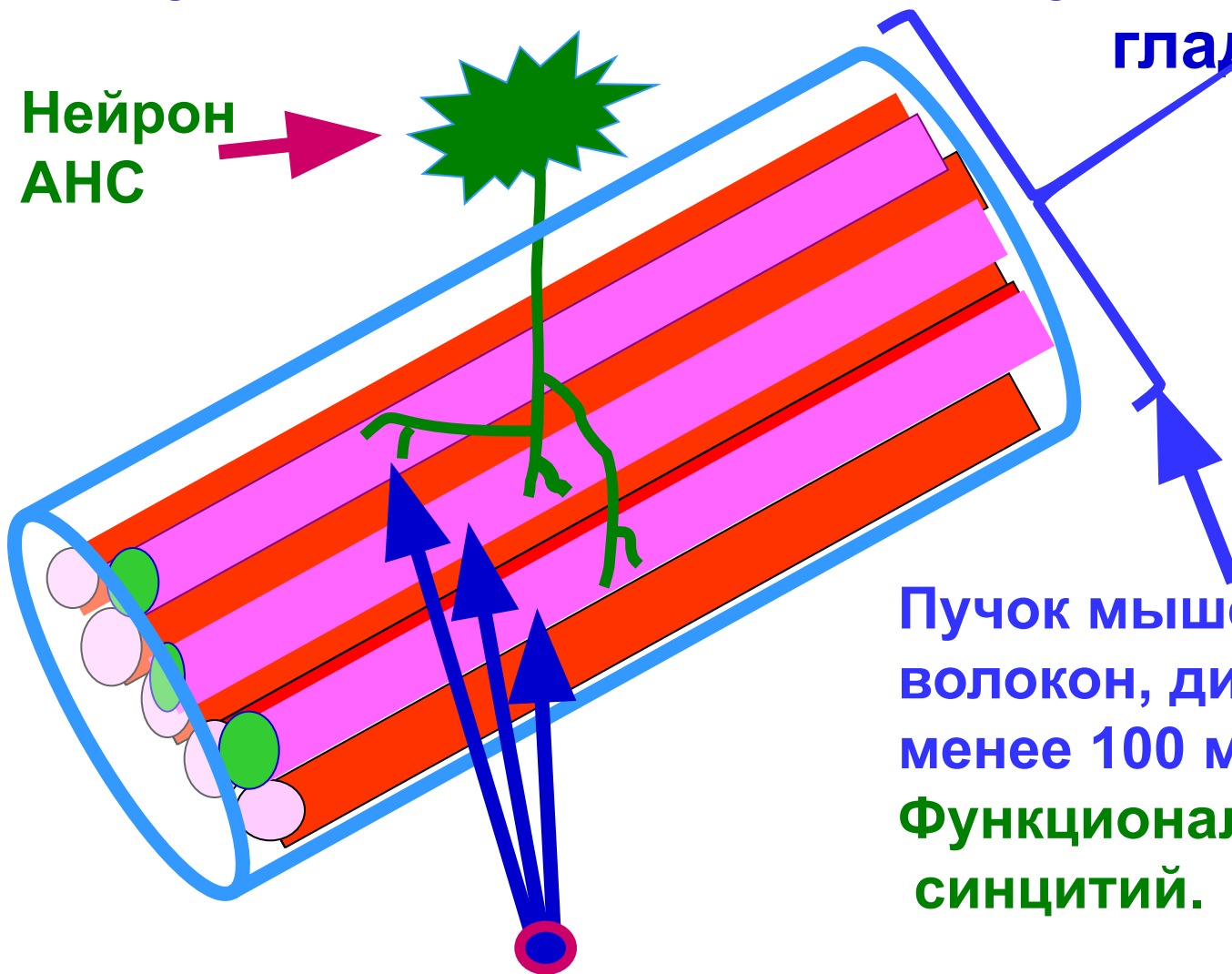
Поддерживает постоянное давление, несмотря на длительные, значительные по величине изменения объема.



# Функциональные единицы унитарных

гладких мышц

Нейрон  
АНС



Пучок мышечных  
волокон, диаметром не  
менее 100 мкм.

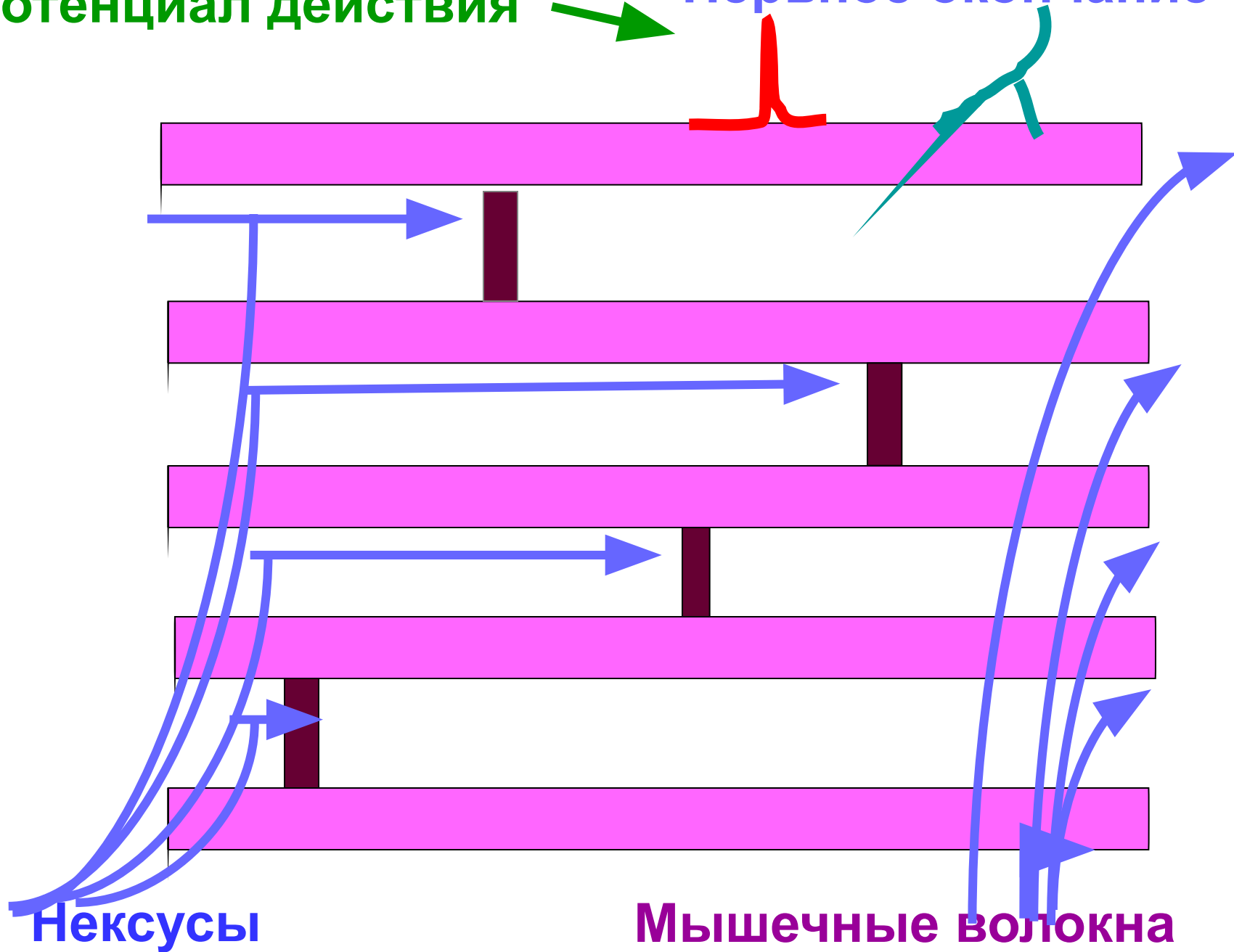
Функциональный  
синцитий.

Группа иннервируемых волокон  
в функциональной единице

# Распространение возбуждения по функциональному синцитию

Потенциал действия

Нервное окончание

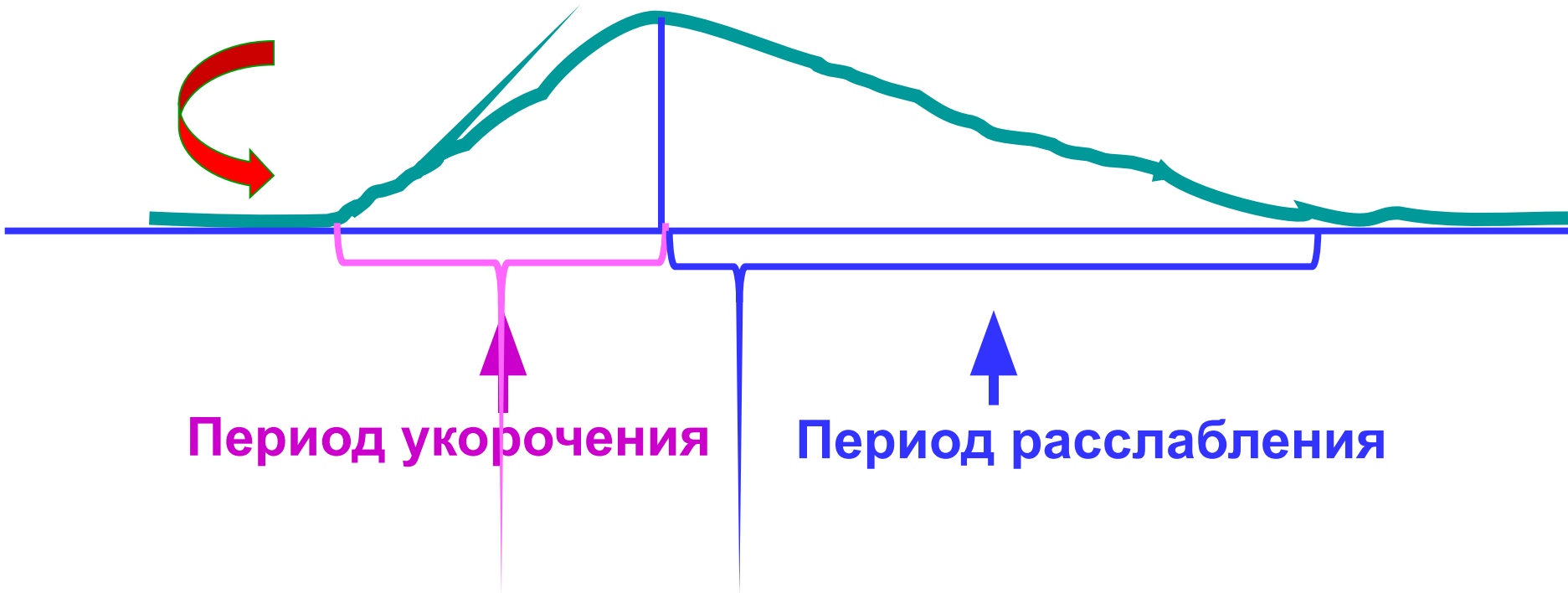


Нексусы

Мышечные волокна

# Виды сокращений гладких мышц

## Одиночное сокращение



**Тонические  
сокращения**

→ **Пластический тонус.**

Способность гладких мышц сохранять приданную форму при медленном растяжении .

**Ритмическ  
ие  
сокращени  
я**

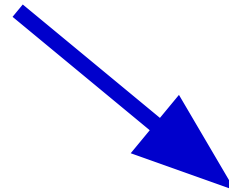
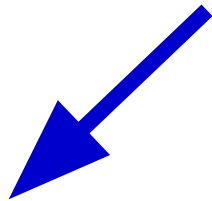
→ **Чередование сокращений и расслаблений.**

**Пример -перистальтика.**

→ **Осуществляется за счет сокращения продольных и поперечных слоев мышц стенки полых органов.**

# **Физиология секреторной клетки**

- Характеристика секрета.
- Модифицированная плазма,
- обогащенная тем или иным
- веществом, выполняет физиологическую или защитную функцию.
- **Работа секреторной клетки**



**Синтез секрета  
по  
генетической  
программе**

**Выделение  
секрета**

# Биоэлектрические явления в секреторной клетке

**Потенциал покоя**

**-30,**  
**редко – 80 мВ,**  
**калиевой природы**

**Секреторный**

**потенциал**

При действии раздражителя увеличивается выход К из клетки, возникает **гиперполяризация секреторной клетки**, что приводит к выделению секрета.



# Динамика секреции

**Фоновая**

**Вызванная**

